

EXECUTIVE SUMMARY
TUGAS PERANCANGAN PABRIK KIMIA



TUGAS PRA RANCANGAN PABRIK ETANOL DARI MOLASSES
KAPASITAS 40.000 KL/TAHUN

Oleh :

Argantha ardhy

NIM. 21030110151040

Maris Anindita Fauzi

NIM. 21030110151115

JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2012

EXECUTIVE SUMMARY

JUDUL TUGAS	PRA RANCANGAN PABRIK ETANOL DARI MOLASSES	
	KAPASITAS PRODUKSI	40.000 kL/tahun

I. STRATEGI PERANCANGAN

Latar belakang	<p>Kelangkaan akan minyak bumi pun juga terjadi di Indonesia, karena konsumsi akan minyak bumi di Indonesia semakin meningkat.</p> <p>Seiring dengan menipisnya cadangan minyak bumi ini, maka perlu adanya energi alternatif yang perlu dikembangkan untuk menggantikan bahan bakar fosil. Indonesia sebagai Negara yang memiliki beragam kekayaan alam terbarukan sangat berpotensi menghasilkan bioenergi. Kekayaan alam seperti bahan-bahan yang mengandung pati, selulosa dan glukosa, dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar nabati (biofuel).</p> <p>Bioetanol adalah jenis biofuel yang mengandung etil alcohol yang hingga tingkatan tertentu dapat dicampur dengan bahan bakar premium (Gasohol E-10). Etil alkohol adalah cairan yang tidak berwarna, dapat terurai di alam, kandungan racunnya rendah serta sedikit menimbulkan polusi lingkungan. Selain itu bioetanol adalah bahan bakar beroktan tinggi (117) serta dapat digunakan untuk menaikkan angka oktan pada bahan bakar minyak bumi. Bioetanol dipandang sebagai pilihan yang tepat untuk menggantikan bensin karena memiliki keunggulan mampu menurunkan emisi gas rumah kaca, sehingga dipandang “lebih ramah lingkungan” atau “<i>environmental friendly</i>”, (Nurdyastuti, 2006)., sehingga dikampanyekan sebagai <i>sustainable energy</i> (en.wikipedia.org/wiki/Ethanol_fuel).</p> <p>Dengan adanya industri bioetanol ini maka diharapkan dapat :</p> <ol style="list-style-type: none">1. Mengurangi penggunaan bakar minyak bumi dalam negeri.2. Memenuhi kebutuhan bioetanol dalam negeri.3. Menambah devisa Negara, karena dapat mengurangi beban APBN terhadap subsidi BBM.4. Memperluas lapangan kerja dalam negeri.
----------------	--

<p>Dasar penetapan kapasitas produksi</p>	<p>Penetapan kapasitas produksi didasarkan oleh 3 hal yaitu :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ketersediaan Bahan Baku Ketersediaan tebu di Indonesia cukup banyak. Hal ini berkorelasi dengan luas areal perkebunan tebu semakin meningkat. Berdasarkan data yang diperoleh dari Ditjenbun tahun 2010 areal tebu seluas 382.354 hektar dengan produksi gula yang dihasilkan sebanyak 2.244.417 ton, molase sebanyak 1,5 juta ton. Molase terserap untuk industri MSG sebanyak 600 ribu ton dan 900 ribu ton untuk industri bioethanol (http://www.ditjenbun.deptan.go.id). Bahan baku molase di Jawa Tengah dapat diperoleh dari pabrik gula PTP Nusantara IX (kawasan Solo-Semarang) yang terdiri dari 12 pabrik gula (PG. Mojo, PG. Tasikmadu, PG. Colomadu, PG. Banjartama, PG. Ceper Baru, PG. Jatibarang, PG. Gondang Baru, PG. Pangka, PG. Sumberharjo, PG. Sragi, PG. Cepiring, PG. Rendeng dengan kapasitas tetes tebu sebesar 99.580 ton (PT. Kharisma Pemasaran Bersama Nusantara). 2. Kebutuhan bioetanol dalam negeri Penggunaan bioetanol di Indonesia khususnya sebagai bahan bakar memang belum banyak diaplikasikan. Namun, kebutuhan akan sumber energi terbarukan sangat diperlukan. Pada kurun pertama 2007-2010 selama 3 tahun pemerintah memerlukan rata-rata 30.833.000 liter (30.833 ton) bioetanol per bulan. Dari total kebutuhan itu hanya 137.000 liter (137 ton) bioetanol setiap bulan yang terpenuhi atau 0,4%. Itu berarti setiap bulan pemerintah kekurangan pasokan 30.696.000 liter (30.696 ton) bioetanol untuk bahan bakar (Blog Bingkai Pertanian Indonesia, 2008). 3. Roadmap Pemanfaatan Bioetanol Indonesia pada tahun 2011-2015 membutuhkan 3,08 juta kL bioetanol sebagai konsumsi 10% Gasoline (Ditjen Migas, 2009).
<p>Dasar penetapan lokasi pabrik</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ketersediaan bahan baku utama Lokasi Pabrik dipilih mendekati sumber bahanbaku untuk mengurangi biaya transportasi dan kehilangan bahan baku dalam transportasi. Bahan tetes diperoleh dari pabrik gula kawasan Solo-Semarang dengan produksi tetes sebesar \pm 100 ribu ton dan apabila kekurangan bahan baku tetes, dapat diambil dari pabrik gula di Jawa Timur dengan produksi tetes sebesar 499.000 ton/ tahun.

	<ul style="list-style-type: none"> • Pemasaran produk Pemilihan lokasi pabrik bioetanol berada di dekat bahan baku karena pabrik ini bersifat <i>weight loss</i>, yaitu produk yang dihasilkan lebih ringan dari pada bahan baku nya. Dengan dibangunnya pabrik bioetanol yang berlokasi di Jawa Tengah, diharapkan dapat memasok kebutuhan bioetanol yang ada di Pulau Jawa dan Bali. • Ketersediaan Listrik Kebutuhan listrik dapat dipenuhi dengan menyediakan genset sendiri, sehingga sewaktu-waktu terjadi gangguan listrik dari PLN maka pabrik tidak mengalami kerugian sebagai akibat terhentinya produksi. • Ketersediaan Air Penyediaan air di daerah Karanganyar, diperoleh dari sungai Bengawan Solo, sebagai air proses. • Fasilitas Transportasi Transportasi memadai sehingga akan mempermudah pengangkutan bahan baku dan produk. • Ketersediaan Tenaga Tenaga kerja di daerah Jawa Tengah tersedia cukup banyak, sehingga industry ini akan banyak menampung tenaga kerja, sehingga dapat membantu pemerintah dalam mengurangi pengangguran. • Pembuangan Limbah Kawasan pabrik di Karanganyar Jawa Tengah dipilih karena dekat dengan sungai Bengawan Solo, sehingga pembuangan limbah dapat dilakukan di Sungai tersebut. Namun dalam penanganan limbah ini adalah limbah yang telah diolah sehingga tidak merusak lingkungan.
Pemilihan proses	<ul style="list-style-type: none"> • Proses yang dipilih dalam produksi bioetanol ini adalah proses fermentasi yang melibatkan aktivitas yeast. • Proses pembentukan etanol dari molase berlangsung dalam tiga tahap yaitu proses persiapan bahan baku , fermentasi, dan Pemurnian produk. • Pada tahap ini meliputi penyaringan bahan baku melalui filter press plate and frame untuk menghilangkan abu yang terkandung di dalam molasses. Selanjutnya molasses dipompa dari bak penampung ke mixer untuk dicampur dengan air sehingga kadar sukrosa yang terkandung didalam molasses

	menjadi 12%. Tahap fermentasi merupakan tahap kedua dalam proses produksi bioetanol yang dilakukan pada suhu sekitar 27 – 35 °C. Tahap berikutnya adalah pemurnian bioetanol dengan metode destilasi untuk mencapai kemurnian 95,6%. Untuk mencapai tingkat kemurnian 99,7% (<i>fuel grade</i>) dilakukan proses pemurnian dengan membran pervaporasi.
BAHAN BAKU	
Nama	Molasses
Spesifikasi	Wujud : Cair Warna : Coklat kehitaman Density : min 1,419 kg/l Total sugar : min 51% Brix °C : min 40 Komposisi : <ul style="list-style-type: none"> ○ Glukosa : 7 % berat ○ Sukrosa : 35 % berat ○ Fruktosa : 9 % berat ○ Padatan : 10 % berat ○ Abu : 12 % berat ○ substansi tak terfermentasi : 3 % berat ○ Air : 20 % berat ○ Karbohidrat lainnya : 4 % berat
Kebutuhan	159,999,998.4 ton/tahun
BAHAN PENUNJANG	
Nama	Saccharomyces cerevisiae
Spesifikasi	Kadar air : 4-6% Temperature : 28 °C – 60 °C pH : 3,5 – 6,0
Nama	Air
Spesifikasi	Wujud : cairan Warna : bening tidak berwarna Bau : tidak berbau Titik didih : 100°C (1 atm) Densitas : 0,994 gr/cc (pada 30 °C)
Nama	Asam Sulfat
Spesifikasi	Wujud : cair

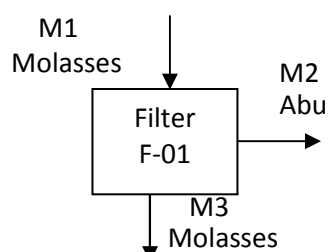
	Warna : Bening sedikit kekuningan Bau : Spesifik Densitas : 1,834
Nama	Urea
Spesifikasi	Wujud : Padat Warna : Putih Bentuk : Serbuk Densitas : 1,335 gr/cc
PRODUK	
Jenis	Etanol (99,7 %)
Spesifikasi	Wujud : cair pH : 6,5 – 9,0 Warna : jernih Titik didih : 78 ⁰ C Berat molekul : 46 Specific gravity : 1,62
Laju produksi	40.000 kL/tahun
Daerah pemasaran	Jawa dan Bali

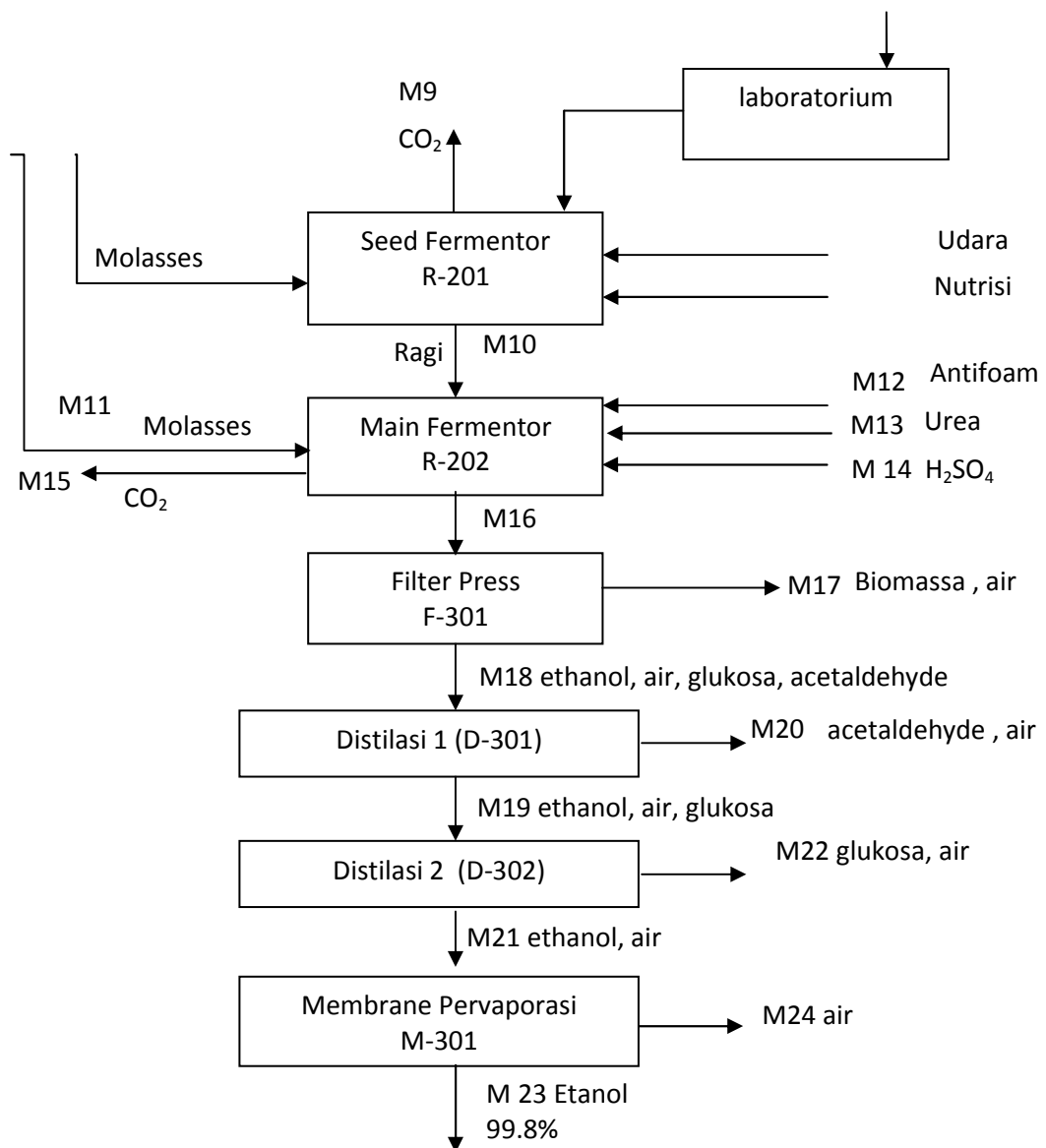
II. DIAGRAM ALIR DAN PENERACAAN

2.1 Gambar Flowsheet (terlampir)

2.2 Diagram alir dan Peneracaan

2.2.1 Diagram alir





2.2.2 Peneracaan

A. Neraca Massa

1. Komposisi Umpan

Komponen	Fraksi	Berat (Kg)
Glukosa	0.07	1,414.1414

Sukrosa	0.35	7,070.7070
Fruktosa	0.09	1,818.1818
Abu	0.12	2,424.2424
Padatan	0.10	2,020.2020
Air	0.20	4,040.4040
Karbohidrat	0.04	808.0808
Substansi tak terfermentasi	0.03	606.0606
Total		20,202.02

2. Unit Filter Plate and Frame

Komponen	Input		Output	
	M1	M2	M3	
Glukosa	1,414.1414		1,414.1414	
Sukrosa	7,070.7070		7,070.7070	
Fruktosa	1,818.1818		1,818.1818	
Abu	2,424.2424	2,424.2424		
Padatan	2,020.2020	2,020.2020		
Air	4,040.4040		4,040.4040	
Karbohidrat	808.0808	808.0808		
Substansi tak terfermentasi	606.0606	606.0606		
Sub total	20,202.0200	5,858.59	14,343.4	
Total	20,202.02		20,202.02	

3. Unit Mixer

Komponen	Input		Output	
	M3	M4	M5	
Glukosa	1,414.1414		1,414.1414	
Sukrosa	7,070.7070		7,070.7070	
Fruktosa	1,818.1818		1,818.1818	
Air	4,040.4040	44,579.1241	48,619.5281	
Sub total	14,343.4342	44,579.1241	58,922.5583	
Total	58,922.5583		58,922.5583	

4. Unit Seed Fermentor

Komponen	Input (kg)			Output (kg)	
	M6	M7	M8	M9	M10
Gula	1,067.52				97.45
Air	4,861.95				5,211.17

Ragi	35.35				530.30
Udara		1,332.27			
NH ₃			73.29		
CO ₂				474.25	
N ₂				1,021.85	
Sub Total	5,929.47	1,332.27	73.29	1,496.1	5,838.92
Total		7,335.03			7,335.03

5. Unit Fermentor

Komponen	Input (kg)					Output (kg)	
	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16
Gula	97.45	9,607.65					486.00
Air	5,211.17	43,757.57					48,968.74
Ragi	530.30						530.30
Antifoam			0.53				0.53
Urea				48.53			48.53
H ₂ SO ₄					97.05		97.05
CO ₂						4,456.23	
Etanol							4,712.61
Asetaldehid							50.26
Sub Total	5,838.92	53,365.22	0.53	48.53	97.05	4,456.23	54,894.02
Total			59,350.25				59,350.25

6. Unit Filter Press

Komponen	Input	Output	
	M16	M17	M18
Gula	486.00		486.00
Air	48,968.74	265.15	48,703.59
Ragi	530.30	530.30	

Antifoam	0.53	0.53	
Etanol	4,712.61		4,712.61
Asetaldehid	50.26		50.26
Urea	48.53		48.53
H2SO4	97.05		97.05
Sub Total	54,894.02	795.98	54,098.04
Total	54,894.02		54,894.02

7. Unit Distilasi I

Komponen	INPUT	OUTPUT	
	MI8	M19 (bootom)	M20 (distilat)
C ₂ H ₅ OH	4,712.6100	4,712.4215	0.1885
Air	48,703.5900	48,703.5851	0.0049
Glukosa	486.0000	485.9757	0.0243
CH ₃ CHO	50.2600	0.0000	50.2600
Urea	48.5300	48.5276	0.0024
H ₂ SO ₄	97.0500	97.0451	0.0049
Sub Total	54,098.04	54,047.56	50.48
Total	54,098.04		54,098.04

8. Unit Distilasi II

Komponen	INPUT	OUTPUT	
	MI9	M22(bottom)	M21(distilat)
C ₂ H ₅ OH	4,712.4215	94.2484	4,618.1731
Air	48,703.5851	48,486.6106	216.9745
Glukosa	485.9757	485.9757	0.0000
Urea	48.5276	48.5276	0.000
H ₂ SO ₄	97.0451	97.0451	0.000
Subtotal	54,047.555	49,212.407	4,835.148
Total	54,047.555		54,047.555

9. Unit Membran Pervaporasi

Komponen	INPUT	OUTPUT	
	M21	M24(P)	M23(R)
C ₂ H ₅ OH	4,618.1731	46.1817	4,571.9913
Air	216.9745	216.7575	0.2170
Subtotal	4,835.1475	262.9392	4,572.2083

Total	4,835.148	4,835.148
-------	-----------	-----------

B. Neraca Panas

1. Unit Seed Fermentor

Komponen	Input (kkal/j)	Komponen	Output (kkal/j)
* Molasses		* Produk atas	

Gula	897.0184	CO ₂	479.8589
Air	10863.7599	N ₂	1271.4754
Ragi	3362.7314		1751.3343
	11760.7783	* Produk bawah	
* Udara		Gula	81.8868
Udara	1611.7541	Air	11644.0721
* Ammonia		Ragi	222.8064
NH ₃	183.7865		11948.7653
* ΔH reaksi	1949157.8807	* Q diserap	1949014.1000
	1962714.1996		1962714.1996

2. Unit Fermentor

Komponen	Input (kkal/j)	Komponen	Output (kkal/j)
* Molasses dari pre-fermentor		* Produk atas	
Gula	81.8868	CO ₂	4508.8966
Air	11644.0721		4508.8966
Ragi	222.8064		
	11948.7653	* Produk bawah	
* Molasses dr tangki molasses		Gula	408.3750
Gula	8073.1049	Air	109417.9309
Air	97773.8628	Ragi	222.8064
	105846.9677	Urea	3.1923
* Antifom		Antifoam	0.5115
	1.0028	Asetaldehid	73.7469
* Urea		Etanol	8053.4452
Urea	12.8127		118180.0082
* Asam Sulfat			
H ₂ SO ₄	68.5555		
* ΔH reaksi	11738545.8121	* Q diserap	11733735.0113
	11856422.9133		11856423.9161

3. Unit Vaporizer

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
----------	----------------	-----------------

	F 21	Qs	F 22	Qc
H ₂ O	52.542.084,02	-	3.167.612,232	-
C ₂ H ₅ OH	1,07E+07	-	904.938,7643	-
Glukosa	5,28E+04	-	761.003,087	-
Panas Laten	-	-	-	5.96E+07
Steam	-	1.152.265,404	-	-
Sub Total	6,33E+07	1.152.265,404	4.833.554,083	5,96E+07
Total	6,44E+07		6,44E+07	

4. Unit Distilasi I

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)		
	F 22	Qs	F 23	F 24	Qc
Etanol	128884.8323	-	17.773721	131322.0726	-
Air	1619529.6553	-	3893.6136	1648075.3705	-
Asetaldehid	1175.2959		2.1612096	1197.4503	
Glukosa	6821.0370		6.3479892	6954.8220	
Urea	275.9295		4.401375	279.8455	
H ₂ SO ₄	77.8554		0.2364936	1069.2260	-
Steam	-	226.793,47	-	-	-
Condensor	-	-	-	-	154140.2
Jumlah	1.756.764,6054	154140.2	3.924,5343	1.788.898,787	154140.2
	1910.904,8		1.946.963,521		

5. Unit Distilasi II

Komponen	Input (kj/jam)		Output (kj/jam)		
	F 23	Qs	F 26	F 25	Qc

H ₂ O	4,68E+05	5,43E+04	4,43E+05	-
C ₂ H ₅ OH	7,55E+05	4,56E+05	1,31E+05	-
Glukosa				
Urea				
H ₂ SO ₄				
Steam	-	5,35E+07	-	-
Panas kondensat	-	-	-	5,36608674945E+07
Jumlah		5,10E+05	5,74E+05	5,36608674945E+07
		5.49E+07	5.49E+07	

III. PERALATAN PROSES DAN UTILITAS

1. Peralatan Proses

Tangki Penyimpanan Molasses (T-101)	
Fungsi	Untuk menyimpan bahan baku molasses selama 180 hari yang dibagi dengan tangki sebanyak 6 buah
Tipe	Tangki silinder tegak dengan dasar flat (Flat Bottom) dan Conical roof
Jumlah	6 buah
Material	Carbon Steel SA-283 Grade C
Kapasitas tangki	70.967,26 bbl
Diameter yang digunakan	60 ft
Tinggi	30 ft
Kapasitas tangki rata-rata	11.827,877 bbl
Jumlah Plate	5
Lebar Plate	6 ft
Nozzle Pengeluaran	516,327 ft ³
Pompa (P-101)	
Fungsi	untuk mengalirkan molase dari tangki penampung menuju mixer
Tipe	Centrifugal

Kapasitas pompa	0,453 ft ³ /s
Head Pompa	36.48 ft lbf/lbm
Daya pompa	3.02 hp
Ukuran Pipa	Nominal size = 4 in
	Schedule No = 40
	OD = 4.5 in
	ID = 4.026 in
	Flow area pipe (A) = 0,0882 ft ²
Fermentor (T-203)	
Fungsi	Sebagai tempat pembentukan etanol dengan proses fermentasi
Tipe	Stired Tank Bioreaktor
Jumlah	8 unit
Material	stainless stell dengan spesifikasi tipe 304 grade 3
Kondisi	1.Temperatur = 30°C 2.Tekanan = 1 atm
Fase reaksi	Cair
Katalis	Sacaromyces, H ₂ SO ₄ dan Ammonium Phospat
Tinggi	39,58 ft
Diameter	20 ft
Volume	11,807.62 ft ³
Jenis <i>head</i> dan <i>bottom</i>	<i>Thorispherical</i>
<i>Head</i> dan <i>bottom</i>	Tebal = 0.077 ft
	Tinggi = 61.66 in = 4.77 ft
Pengaduk	SS 316 tipe paddle
Power Pengaduk	19,549.04 HP
Menara Distilasi (D-302) (Refisi)	
Fungsi	Memurnikan produk etanol
Tipe	Sieve Tray
Material	Low Alloy Carbon Steel SA-285 Grade C
Jumlah	1 buah

Tinggi	6,3 m
Diameter	5,74 m
Tipe Tray	Cross Flow
Jumlah plate min	6
Jumlah tray	15
Head dan bottom	Jenis : torispherical
	Tebal : 0,55 in
	Tinggi : 117,12 in
Kondisi Operasi	
1. Puncak	Suhu (T) = 354,6 °K
	Tekanan (P) = 1 atm
2. Umpan	Suhu (T) = 361,39 °K
	Tekanan (P) = 1 atm
3. Dasar	Suhu (T) = 371,59°K
	Tekanan (P) = 1 atm
Membran Pervaporasi (M-301)	
Fungsi	Untuk memurnikan produk etanol hingga 99,7% v/v
Bahan	Material keramik yang dimodifikasi dengan Na-A Zeolit
Modul	Tubular (shell dan tube)
Kondisi operasi	75 ⁰ C
Pola aliran	Cross flow
Jumlah chanel dalam 1 modul	21 buah
Jumlah modul dalam 1 housing	21 buah
Fluks permeat (Jp)	0,5 kg/m ² jam
Panjang tube (L)	1,25 m
Diameter hidraulik chanel	18 mm
Diameter modul	10,1 cm
Diameter housing	46,3 cm

2.

Utilitas(Belumfix)

AIR	
Air pendingin (cooling water)	246 m ³ /hari
Air umpan ketel (boiler feed water)	36 m ³ /hari
Air sanitasi	40 m ³ /hari
Air proses	1080 m ³ /hari
Total kebutuhan air	1402 m ³ /hari
Didapat dari sumber	Air sungai
STEAM	
Kebutuhan steam	150 m ³ /hari
Jenis boiler	Fire Tube Boiler
Kapasitas <i>boiler</i>	2861 KiloBtu/jam
LISTRIK	
Kebutuhan listrik	828 kWh
Dipenuhi dari	Pembangkit PLN Kawasan Jawa Tengah
BAHAN BAKAR	
Jenis	Solar
Kebutuhan	84 lt/jam
Sumber dari	Pertamina

IV. PERHITUNGAN EKONOMI(Belum Fix)

Physical plant cost	Rp 99.086.255.000
Fixed capital	Rp 137.721.989.000
Working capital	Rp 2.795.712.682.000

Total capital investment	Rp 2.933.431.254.000
ANALISIS KELAYAKAN	
Return on Investment (ROI)	19,37%
Pay Out Time (POT)	5,5 tahun
Internal Rate of Return (IRR)	21,44%
Break Even Point (BEP)	36,4%